



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104933876 A

(43) 申请公布日 2015. 09. 23

(21) 申请号 201510298976. 6

(22) 申请日 2015. 06. 03

(71) 申请人 浙江师范大学

地址 321004 浙江省金华市迎宾大道 688 号

(72) 发明人 朱信忠 徐慧英 赵建民 王新

(74) 专利代理机构 杭州金道专利代理有限公司

33246

代理人 赵芳

(51) Int. Cl.

G08G 1/081(2006. 01)

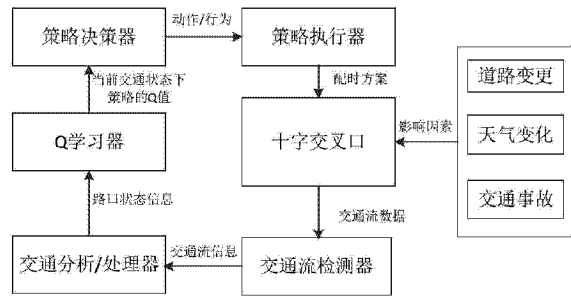
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法

(57) 摘要

一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法,包括以下步骤:1)道路传感器对采集的车辆交通流信息进行处理,生成对应的交通状态集和决策集;2)设置奖惩函数、学习率和折扣因子;3)将处理的交通流信息送到Q学习器生成交通决策;4)交通决策序列通过交通信号控制器作用于交通路口;5)反馈奖惩函数值,评估决策的好坏;6)继续感应环境的下一个状态。本发明提供一种控制效果良好、控制算法对环境的影响较小、稳定性良好及控制效果良好的自适应智慧城市智能交通信号的控制方法。



1. 一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法,其特征在于:所述控制方法包括以下步骤:

1) 道路传感器对采集的车辆交通流信息进行处理,生成对应的交通状态集和决策集;交通状态集包括单路口的信号周期  $C$ , 单路口相位的绿信比  $\lambda$  和各相位对应车辆的排队长度  $L$ , 决策集包括交通信号灯实时采取的动作,包括红灯、黄灯、绿灯;

2) 设置奖惩函数、学习率和折扣因子;

奖惩函数的设置;

$$r_t(s, a) = \begin{cases} \gamma & \text{当 } d_t > \gamma d \\ 1 & \text{当 } \bar{d} < d_t < \gamma d \\ 0 & \text{当 } d_t < \bar{d} \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $r_t(s, a)$ : 状态  $s$  时, 采取策略  $a$  后获得的处罚;

$s$ : 交通环境当前状态;

$a$ : 环境状态为  $s$  时 Agent 采取的动作

$d_t$ : 时刻  $t$  采取策略  $a_t$  后产生车辆排队长度;

$\bar{d}$ : 预设排队长度临界值;

学习率为  $\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , 折扣因子为  $\gamma$ ,  $\gamma \in [0, 1]$ ;

3) 将处理的交通流信息送到 Q 学习器生成交通决策, 基于以上变化的量全都满足 Q-learning 算法对交通信号状态空间的要求, 所以对于交通状态空间的选择用 Q 值估计的形式表示, 交通状态 Q 值的估计值近似表示为:

$$Q = f((C, \lambda, L, P), a(t)) \quad (2)$$

式 (2) 中,  $a(t)$  是交通信号控制选择的策略,  $P$  为交通流量趋势预测概率;

4) 交通决策序列通过交通信号控制器作用于交通路口;

5) 反馈奖惩函数值, 评估决策的好坏;

6) 继续感应环境的下一个状态。

## 一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于交通智慧管理系统领域,尤其涉及一种智能交通信号的控制方法。

### 背景技术

[0002] 城市道路不断兴建和扩宽,基础设施建设投入也越来越大,然而城市交通拥堵问题却越来越严重,主要原因是现有的城市交通信号控制TSC (Traffic Signal Control) 系统不能充分做到对交通流量的最优控制和管理。因此,如何通过交通信号的最优控制来设计优化城市 TSC 系统,成为保障交通安全和畅通、增加道路通行效率及其缓解交通堵塞问题的关键所在。

[0003] 随着人民生活水平的不断提高和城市化进程的加快,我国汽车人均保有量急剧攀升。由此引发国内一些大中城市相继出现了交通超负荷的情况,再加上各地政府大力发展的公交、城际巴士和出租车,使得道路上的车辆越来越多。过多的车辆意味着道路拥塞的概率大大增加,导致行车效率大大降低。此外,车辆缓慢行驶甚至过多停车等待意味着更多的废气被排放到空气中,导致城市中重度雾霾的天数激增,人民的生活质量大幅度下降。城市交通拥堵带来了一系列的问题,成为影响城市发展的关键因素。

[0004] 解决城市拥堵最直接的办法就是不断的修建和扩宽道路,或者限制城市车辆的出行,显然这是非常不合理和不现实的方法。城市交通信号控制 (Traffic Signal Control, TSC) 系统主要是通过对城市交叉口的车辆和行人进行指挥控制,使车辆和行人安全有序通过且不发生相互干扰。交通信号灯是城市 TSC 系统的关键组成部分,交通信号灯主要使用在车流较大、通行干扰较多地方,特别是分流的交叉口,在保障城市道路交通安全和畅通,提高了城市道路通行效率上发挥着重要作用。浙江省宁波市和金华市在城市 TSC 系统的研究上,对城市新建道路运用了“城市交通绿波带”技术,主要通过对相邻路口交通信号相位差的合理设置,在车速限制范围内,使得车辆在道路通行的过程中遇到最少的红灯,减少了车辆等红灯的次数。综合以上所述,对自适应城市 TSC 系统的优化研究主要落在对交通信号灯配时方案的优化上,自适应城市 TSC 系统给城市道路交通流分配通行权,减少道路交通拥堵和交通事故,实现城市交通安全有序行驶。

### 发明内容

[0005] 为了克服已有城市交通信号控制方式的控制效果差、控制算法对环境的影响较大、控制不稳定及控制效果不佳的不足,本发明提供一种控制效果良好、控制算法对环境的影响较小、稳定性良好及控制效果良好的自适应智慧城市智能交通信号的控制方法。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:

一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法,所述控制方法包括以下步骤:

1) 道路传感器对采集的车辆交通流信息进行处理,生成对应的交通状态集和决策集;交通状态集包括单路口的信号周期  $C$ , 单路口相位的绿信比  $\lambda$  和各相位对应车辆的排队长度  $L$ , 决策集包括交通信号灯实时采取的动作,包括红灯、黄灯、绿灯;

- 2) 设置奖惩函数、学习率和折扣因子；  
奖惩函数的设置；

$$r_t(s, a) = \begin{cases} \gamma & \text{当 } d_t > \gamma d \\ 1 & \text{当 } d < d_t < \gamma d \\ 0 & \text{当 } d_t < d \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $r_t(s, a)$  : 状态  $s$  时, 采取策略  $a$  后获得的处罚；

$s$ : 交通环境当前状态；

$a$ : 环境状态为  $s$  时 Agent 采取的动作

$d_t$  : 时刻  $t$  采取策略  $a_t$  后产生车辆排队长度；

$\bar{d}$  : 预设排队长度临界值；

学习率为  $\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , 折扣因子为  $\gamma$ ,  $\gamma \in [0, 1]$ ；

3) 将处理的交通流信息送到 Q 学习器生成交通决策, 基于以上变化的量全都满足 Q-learning 算法对交通信号状态空间的要求, 所以对于交通状态空间的选择用 Q 值估计的形式表示, 交通状态 Q 值的估计值近似表示为：

$$Q = f((C, \lambda, L, P), a(t)) \quad (2)$$

式 (2) 中,  $a(t)$  是交通信号控制选择的策略,  $P$  为交通流量趋势预测概率；

4) 交通决策序列通过交通信号控制器作用于交通路口；

5) 反馈奖惩函数值, 评估决策的好坏；

6) 继续感应环境的下一个状态。

[0007] 本发明的技术构思为: Q-learning 算法优化交通信号最开始是需要得到环境的状态信息的, 所以需要 Agent 来控制路口, 传感器获得环境的状态信息, 通信系统来实现信息传递、控制系统来实现信息处理和控制。研究中需要使用不同的车辆传感器、检测系统、通信系统、处理系统、控制系统来获得实时的交通流信息。

[0008] 在基于 Q-learning 的 TSC 单路口 Agent 控制体系结构框架图中, 整个过程主要包括以下几个部分: 检测器收集车流信息, 输入到交通分析 / 处理器中分析处理; 处理得到的路口状态信息输入在 Q-learning 优化控制决策器中; Q-learning 优化控制决策器会得到该策略下的 Q 值; 策略决策器会得到一个较优策略作用于交通路口; 通过不断循环, Agent 能寻优找到最优的控制方案; 在交通事故、天气因素以及道路变更等的影响下, 该 Agent 框架能继续准确检测和处理交通流信息。实际上, Agent 对路口的控制是具有实时反馈的学习过程。

[0009] 城市交通信号控制 TSC (Traffic Signal Control) 系统是一个大规模复杂非线性随机系统。城市 TSC 是指城市多个相邻路口之间实现协调控制, 单个路口的交通信息和决策是影响周围相邻路口的交通流的。城市区域交通信号控制 UATSC (Urban Area Traffic Signal Control) 系统的研究是建立在单路口信号优化控制的基础上的。UATSC 的目标是均衡城市交通流的道路使用权, 使整个交通区域类的交通流实现整体路口等待时间最短, 资源浪费最少, 事故发生最低为标准。为了实现 UATSC 的协作最优控制, 以整个交通网络的车辆平均等待时间最小为目标, 设计了相邻路口多 Agent 协调的控制体系结构, 多路口

Multi-Agent 系统控制系统结构如图 3 所示。

[0010] 如图 3 所示,路口 Agent 主要实现控制功能,分布式 Agent 主要是处理实现多个路口 Agent 的协作控制,中心控制 Agent 主要实现全局协作的功能。将整个城市交通网络看成一个整体,每个路口表示一个 Agent,组成一个 Multi-Agent 系统。

[0011] 路口信号通过 Agent 控制,路口 Agent 之间可以相互共享信息,智能 Agent 根据本地观察的交通信息和从相邻路口获取的信息,制定协作控制策略,使得本区域信号控制最优。

[0012] 对于多路口的 TSC 问题,研究中选择多路口协作控制的 Multi-Agent 系统。研究中首先以 A 和 B 这两个相邻路口作为研究对象,如图 4 所示。路口 A 和路口 B 之间的协作通过交通流信息的交换,以 B 路口为参考,通过交叉口 A 通向交叉口 B 的道路上传感器检测到的输出交通流信息,和 B 路口其他相邻的交叉口也会把输出到 B 路口的交通流信息传给单路口 B, B 路口根据相邻交叉口传入的交通流信息制定控制策略。

[0013] 本发明的有益效果主要表现在:控制效果良好、控制算法对环境的影响较小、稳定性良好及控制效果良好。

#### 附图说明

[0014] 图 1 是基于 Q-learning 的 TSC 单路口 Agent 体系结构框架图。。

[0015] 图 2 是路口智能体 Agent 反馈控制结构图。

[0016] 图 3 是多路口 Multi-Agent 系统体系结构图。

[0017] 图 4 是交通路口之间的交通流信息交换示意图。

[0018] 图 5 是四相位 TSC 系统的控制方案图,其中,(a)是第一相位;(b)是第二相位;(c)是第三相位;(d)是第四相位。

#### 具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0020] 参照图 1 ~ 图 5,一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法,适用于大型交通流量背景、单路口和中小型区域路口;

各模块的基本功能为:(1)感知模块:采集路口交通流环境的当前信息;(2)学习模块:对接收到的路况信息进行学习或者依据有关的经验知识得到定量信息,为决策模块提供决策依据;(3)决策模块:根据学习模块提供的信息,制定相应的控制策略;(4)执行模块:执行决策模块所制定的控制策略;(5)知识库:存储对应于不同路况的控制信息;(6)通信模块:为 Multi-agent 控制预留的接口,其功能主要是负责与相邻路口 Agent 间信息的交互;(7)协调模块:为 Multi-agent 控制预留的接口,其功能主要是负责与相邻路口 Agent 间进行控制任务的协调。

[0021] 该控制方法包括以下步骤:

1) 道路传感器对采集的车辆交通流信息进行处理,生成对应的交通状态集和决策集;交通状态集包括单路口的信号周期  $C$ ,单路口相位的绿信比  $\lambda$  和各相位对应车辆的排队长度  $L$ ,决策集包括交通信号灯实时采取的动作,包括红灯、黄灯、绿灯;

2) 设置奖惩函数、学习率和折扣因子;

奖惩函数的设置；

$$r_t(s, a) = \begin{cases} 2 & \text{当 } d_t > 2d \\ 1 & \text{当 } \bar{d} < d_t < 2d \\ 0 & \text{当 } d_t < \bar{d} \end{cases} \quad (1)$$

其中,  $r_t(s, a)$  : 状态  $s$  时, 采取策略  $a$  后获得的处罚；

$s$ : 交通环境当前状态；

$a$ : 环境状态为  $s$  时 Agent 采取的动作

$d_t$  : 时刻  $t$  采取策略  $a_t$  后产生车辆排队长度；

$\bar{d}$  : 预设排队长度临界值；

学习率为  $\alpha$ ,  $\alpha \in [0, 1]$ , 折扣因子为  $\gamma$ ,  $\gamma \in [0, 1]$ ；

3) 将处理的交通流信息送到 Q 学习器生成交通决策, 基于以上变化的量全都满足 Q-learning 算法对交通信号状态空间的要求, 所以对于交通状态空间的选择用 Q 值估计的形式表示, 交通状态 Q 值的估计值近似表示为：

$$Q = f((C, \lambda, L, P), a(t)) \quad (2)$$

式 (2) 中,  $a(t)$  是交通信号控制选择的策略,  $P$  为交通流量趋势预测概率；

4) 交通决策序列通过交通信号控制器作用于交通路口；

5) 反馈奖惩函数值, 评估决策的好坏；

6) 继续感应环境的下一个状态。

[0022] 交通状态控制集包括：单路口的信号周期  $C$ , 单路口相位的绿信比  $\lambda$ , 各相位对应车辆的排队长度  $L$ 。基于以上变化的量全都满足 Q-learning 算法对交通信号状态空间的要求, 所以对于交通状态空间的选择可以用 Q 值估计的形式表示, 交通状态 Q 值的估计值可以近似表示为：

$$Q = f((C, \lambda, L, P), a(t)) \quad (2)$$

式 (2) 中,  $a(t)$  是交通信号控制选择的策略,  $P$  为交通流量趋势预测概率, 属于交通流量短期预测研究方向, 本文不做研究。式 (1) 中这些量能充分反映交叉口的交通状况, 符合采用 Q-learning 算法优化交通时对交通状态空间的要求。研究中选择以上变量作为 Q-learning 算法的状态空间。

[0023] 决策集包括交通信号灯实时采取的动作, 包括红灯、黄灯、绿灯, 策略集  $A(s)$  采用三种策略方式：增加当前相位时间  $\Delta s$ ；保持当前相位时间不变；减少当前相位时间  $\Delta s$ 。

[0024] 奖惩函数的设置；

$$r_t(s, a) = \begin{cases} 2 & \text{当 } d_t > 2d \\ 1 & \text{当 } \bar{d} < d_t < 2d \\ 0 & \text{当 } d_t < \bar{d} \end{cases} \quad (2)$$

其中,  $r_t(s, a)$  : 状态  $s_t$  时, 采取策略  $a_t$  后获得的处罚 (消极回报)；

$d_t$  : 时刻  $t$  采取策略  $a_t$  后产生车辆排队长度；

$\bar{d}$  : 预设排队长度临界值。

[0025] 本实施例中,定义如下:

第一相位:在第一相位时间片段上,向东的交通流 1 和向西的交通流 2 均直行,此时向南方向交通流和向北方向交通流被禁止通行。

[0026] 第二相位:在第二相位时间片段上,向东的交通流 3 和向西的交通流 4 均可右转和左转,此时向南方向交通流和向北方向交通流被禁止通行。

[0027] 第三相位:在第三相位时间片段上,向南的交通流 5 和向北的交通流 6 均直行,此时向东方向交通流和向西方向交通流被禁止通行。

[0028] 第四相位:在第四相位时间片段上,向南的交通流 7 和向北的交通流 8 均可右转和左转,此时向东方向交通流和向西方向交通流被禁止通行。

[0029] 信号灯变换原则:信号灯变换按时间顺序进行控制,可以通过设置来改变信号变换的时间。在保证时序控制的基础上,当通行方向已经无车则信号灯立即变为左转通行。当左转方向无车时,信号灯变为另一方向通行。

[0030] 实施例:参照图 1~图 5,一种自适应智慧城市智能交通信号的控制方法,该方法包括以下步骤:

- (1) 默认南北方向通行,东西方向禁止通行;
- (2) 若南北方向车辆已经走空或达到最大放行时间  $T_{max}$ ,则南北方向左转通行;
- (3) 若南北方向左转车辆已经走空或达到最大放行时间  $T_{max}$ ,则东西方向通行;
- (4) 若东西方向车辆已经走空或达到最大放行时间  $T_{max}$ ,则东西左转通行;
- (5) 若东西左转车辆已经走空或达到最大放行时间  $T_{max}$ ,则南北方向通行。

[0031] (6) 作为一种优选方案,本发明所述最大放行时间  $30 \text{ 秒} \leq T_{max} \leq 60 \text{ 秒}$ 。

[0032] (7) 本发明系统可达到全面图形监视,实现组态容易、简单、可扩展性好,兼容性好,操作简捷,实时性强,系统稳定,可靠性高。

[0033] 智能交通信号灯管理系统的出现,使道路路口的信号灯不再是按一天 24 小时固定的周期变化,而是根据道路路口各方向车流量和行人的多少及有无,实时变化指挥交通。通过采用视频检测技术,本发明可对交叉路口车辆通行、行人过街,以及环路出入口道路上的交通流量进行实时检测,快速准确地了解控制区域内的道路交通状况,并根据实际情况迅速调整信号灯的变化,凭借技术手段指挥交通,减少交通拥堵情况的发生。依靠视频图象分析技术,通过分析道路路口的实际情况,控制交通信号灯指挥交通,本发明实现了有车的方向是绿灯,无车的方向是红灯;道路路口通行量提高 40%~60%,车辆的等待时间平均缩短了 40%左右。

[0034] 下面以一个四个路口的交通岗为例进行说明:

1、首先要在四个路口安放摄像机和车流量感应器,并设置车辆警戒阈值区域。当车辆排队长度超过警戒阈值区域时系统会接到一条车辆驶入的告警信息。当绿灯放行 30 秒钟通行方向无车辆驶入告警时系统认为车辆已经走空。

[0035] 2、程序初始运行时,会先默认南北通行。东西方向禁止通行。

[0036] 3、当南北通行时车辆已经走空时,左转方向有车等待则提前转入左转信号。

[0037] 4、当南北通行时车辆已经走空时,左转方向没有车等待,东西方向有车等待,信号灯直接变为东西能行,南北等待。

[0038] 5、当南北通行时,左转车辆已经走空,东西方向有车等待时。信号灯变为东西通

行,南北等待。

[0039] 6、当南北通行时,已经到达最大等待时间,车还没走完,东西方向或者左转方向有车等待时同样改变信号。

[0040] 7、当南北通行时,左转和东西方都无车等待。则南北方向一直保持通行状态不变。

[0041] 8、东西方向通行时的逻辑,可以参照南北方向的。

[0042] 本发明紧贴我国道路交通及城市发展实际情况,设计了一套完整的自适应智慧城市智能交通控制流程,对地磁感应器和摄像头实时捕获的交通信息进行分析处理,适用于控制复杂交通环境背景下交通流合理分配等问题;通过合理地对单路口交通和井字形区域交通进行一系列处理,利用 Q-learning 算法的特征;在设计 Q-learning 算法时,结合了实际对实际交通环境背景。实验结果证明,本发明快速高效,有效提高城市自适应交通信号的控制。

[0043] 最后,应当指出,以上实施例仅是本发明较有代表性的例子。显然,本发明不限于上述实施例,还可以有许多变形。凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰,均应认为属于本发明的保护范围。



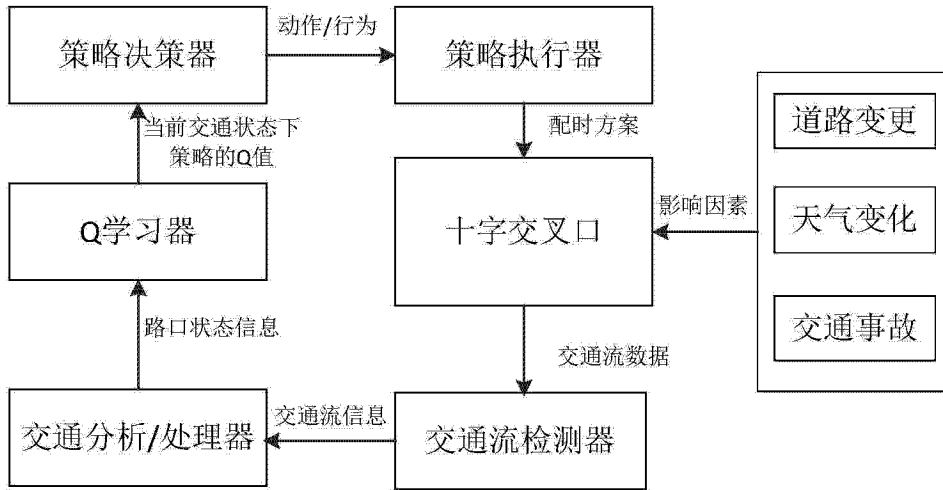


图 1

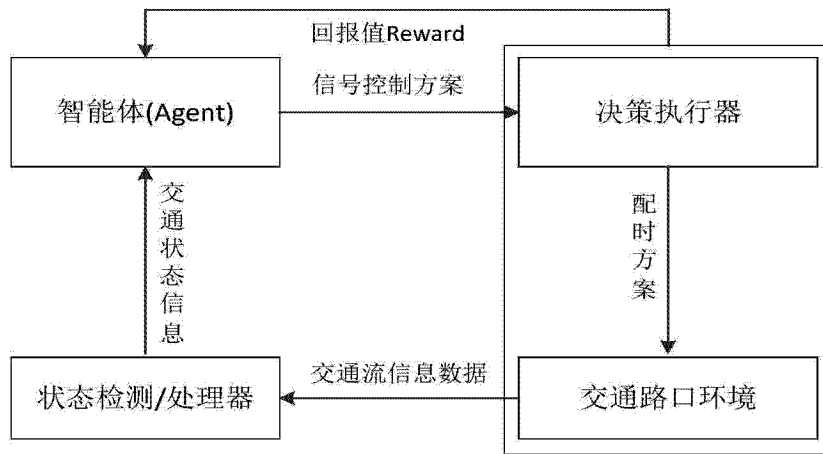


图 2

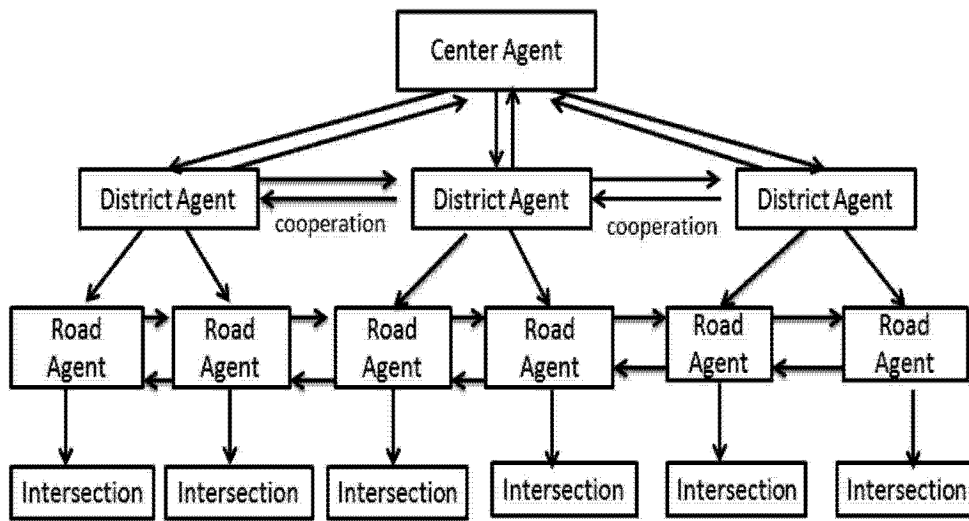


图 3

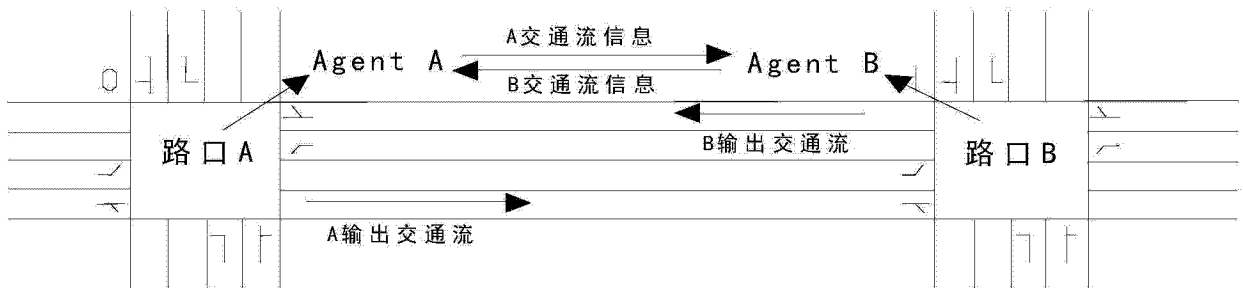


图 4

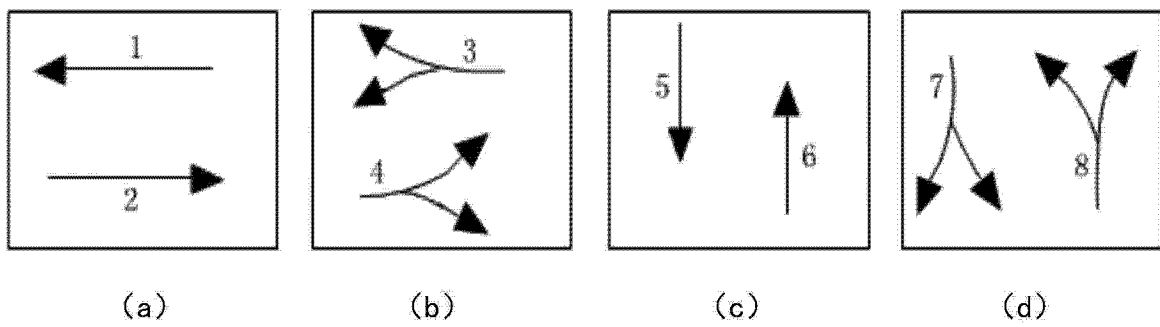


图 5